



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 23 236 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 01 P 3/488**  
G 01 D 5/20  
F 02 D 23/00

②① Aktenzeichen: 196 23 236.8  
②② Anmeldetag: 11. 6. 96  
④③ Offenlegungstag: 18. 12. 97

DE 196 23 236 A 1

⑦① Anmelder:  
Dr. E. Horn GmbH, 71101 Schönaich, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Kohler Schmid + Partner, 70565 Stuttgart

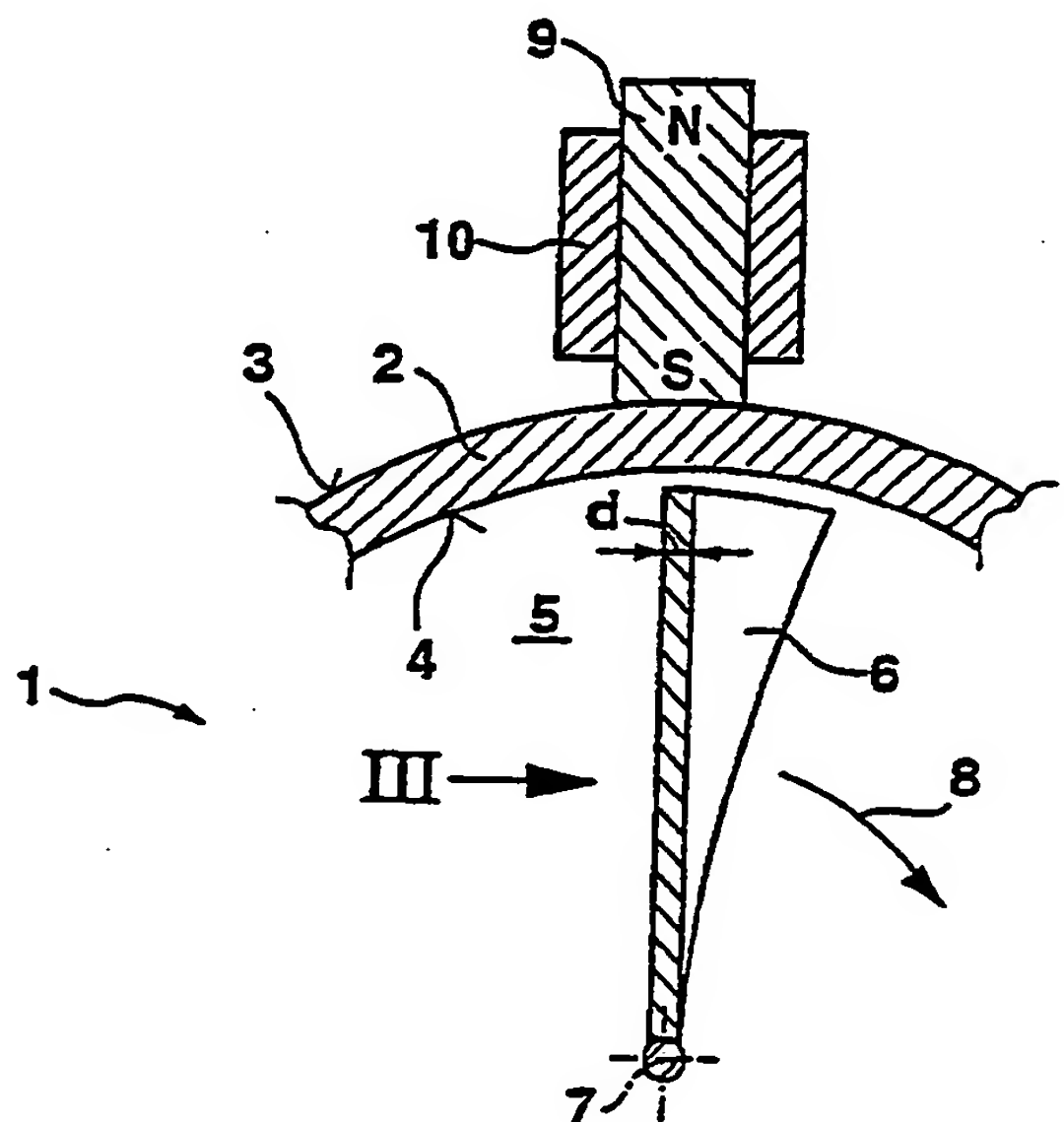
⑦② Erfinder:  
Behrens, Hans Peter, Dipl.-Ing., 71093 Weil im  
Schönbuch, DE; Maurer, Otto, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.,  
76744 Wörth, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 31 30 338 A1  
DE-OS 18 01 421  
US 53 25 729  
US 30 58 339  
Instrumentents and Control Systems, Vol. 43, H. 10,  
October 1970, S. 52;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung für die Drehzahlmessung an Turboladern

⑤⑦ Bei einem Verfahren zum Messen der Bewegung eines Teils (6) im Innenraum (5) eines Gehäuses (1) und nahe an der Innenoberfläche (4) einer Gehäusewand (2) vorbei, wobei ein im wesentlichen rechtwinklig zur Bewegungsrichtung (8) des Teils (6) wirkendes Permanentmagnetfeld (B) auf den der Innenoberfläche (4) zugewandten, elektrisch leitenden Bereich des Teils (6) einwirkt und wobei beim Vorbeibewegen des Teils (6) Induktionssignale außerhalb des Innenraums (5) gemessen werden, wird das Permanentmagnetfeld (B) außerhalb des Innenraums (5) erzeugt und ist die Dicke (d) des Teils (6) in dem der Innenoberfläche (4) zugewandten Bereich in Bewegungsrichtung (8) des Teils (6) kleiner als 10 mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm. Das Meßverfahren eignet sich besonders zur Drehzahlmessung an Turboladern, da keine Magnete an ihrer Drehachse erforderlich sind.



DE 196 23 236 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft in einem ersten Aspekt ein Verfahren zum Messen der Bewegung eines Teils im Innenraum eines Gehäuses und nahe an der Innenoberfläche einer Gehäusewand vorbei, wobei ein im wesentlichen rechtwinklig zur Bewegungsrichtung des Teils wirkendes Permanentmagnetfeld auf den der Innenoberfläche zugewandten, elektrisch leitenden Bereich des Teils einwirkt und wobei beim Vorbeibewegen des Teils Induktionssignale außerhalb des Innenraums gemessen werden.

Bei bekannten Meßverfahren der Drehzahl an Turboladern läuft auf der Turbinendrehachse des Turboladers ein Permanentmagnet mit, dessen Magnetfeld bis an die Innenoberfläche des Gehäuses geführt ist. Auf der Außenseite des Turboladergehäuses befindet sich eine Induktionsspule, in der bei jedem Durchgang des Magnetfeldes (S/N) ein Induktionssignal erzeugt wird. Die Frequenz dieser Induktionssignale entspricht der Drehzahl des Turboladers.

Aufgrund der auf der Kompressorseite von großen Turboladern auftretenden hohen Temperaturen von 160–180°C und mehr werden Turboladergehäuse vorzugsweise aus (magnetischem) Graugußeisen hergestellt, so daß dieses bekannte Meßverfahren, zumindest auf der Außenseite des Gehäuses, nicht verwendet werden kann.

Konstruktionsmäßig wird außerdem ein möglichst kleines Trägheitsmoment des Magneten, d. h. möglichst kleiner Radius und kleines Gewicht, gefordert, während meßtechnisch dagegen die Induktionsspule möglichst nahe an den Magneten herangebracht werden soll. Je weiter nämlich die Induktionsspule vom Magneten entfernt ist, desto schwieriger ist es, ein definiertes Signal zu erhalten. Je nach Bauart des Turboladers sind verschiedene Konstruktionen bekannt.

Ein anderes Meßverfahren, die Drehzahl in einem Gerät von außen festzustellen, ist beispielsweise durch den Automotive Wheel Speed Sensor von Matsushita Automation Controls bekanntgeworden.

Bei diesem Meßverfahren wird eine Magnetspule mit einem hochfrequenten Wechselstrom erregt und so ein ebenfalls hochfrequentes (primäres) Magnetfeld erzeugt. Bei Vorhandensein eines flächenmäßig etwas ausgedehnten Körpers vor der Stirnfläche der Spule werden in ihm um die verlängerte Spulenchse herum ringförmig verlaufende Wechselströme in oder nahe der Oberfläche angeregt, sogenannte Wirbelströme. Diese Wirbelströme erzeugen ihrerseits ein (sekundäres) Magnetfeld, welches dem primären Magnetfeld entgegenwirkt, wodurch das System gedämpft wird. Diese Dämpfung wird meßtechnisch ausgewertet.

Soll mit diesem Wirbelstrom-Meßverfahren z. B. die Drehzahl in einem Gerät bestimmt werden, läuft auf der Drehachse ein nicht-magnetisches Metallrad mit möglichst breiten und flachen Erhebungen (Zähnen) mit. Da sich nur die Zähne nah genug an der Magnetspule vorbeibewegen, können sich nur in deren Zähne Wirbelströme ausbilden. Aus der auftretenden Dämpfung läßt sich die Drehzahl des Metallrads errechnen.

Mit diesem Wirbelstrom-Meßverfahren kann die Drehzahl bis zum Stillstand des Metallrads bzw. der Drehachse gemessen werden. Allerdings darf sich zwischen der Magnetspule und dem Zahnrad keine Gehäusewand aus elektrisch leitendem Material befinden, weil diese unmittelbar eine Dämpfung bewirken würde. Das Gehäuse darf auch nicht aus magnetischem Material

bestehen, da sonst keine Signale aus dem Innenraum mehr gemessen werden können. Außerdem muß, damit in den Oberflächen der Zähne überhaupt Wirbelströme erzeugt werden können, die Oberfläche der Zähne ausreichend flächenhaft ausgedehnt sein.

Ein weiteres bekanntes Meßverfahren, um z. B. Drehzahlen außerhalb eines Innenraums feststellen zu können, ist eine kapazitive Messung innerhalb einer Bohrung in der Innenseite einer Gehäusewand. Dieses Meßverfahren wird insbesondere bei Gehäusen aus magnetischem Material eingesetzt. Diese kapazitive Messung erfordert aber eine Versorgungsspannung am Meßort und erlaubt wegen der gemessenen hochohmigen Signale eine Signal-Auswertung nur direkt am Meßort, die aber sehr starkem Temperatureinfluß unterliegt.

Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, ein Meßverfahren der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß auch bei nicht-flächenmäßig ausgedehnten Körpern, wie z. B. bei einer Kompressorschaukel eines Turboladers, eine Bewegung innerhalb eines Gehäuses möglichst einfach bestimmt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß überraschend einfach dadurch gelöst, daß das Permanentmagnetfeld außerhalb des Innenraums erzeugt wird und daß die Dicke des Teils in dem der Innenoberfläche zugewandten Bereich in Bewegungsrichtung des Teils kleiner als 10 mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm, besonders bevorzugt kleiner als 0,1 mm ist.

Man ist bisher davon ausgegangen, daß sich Wirbelströme entsprechend dem bekannten Wirbelstrom-Meßverfahren nur in oder nahe einer rechtwinklig zu den wirkenden Magnetfeldlinien flächenhaft ausgedehnten Oberfläche ausbilden können. Bei der erfindungsgemäß vorgeschlagenen geringen Dicke von bis zu weniger als 0,1 mm und der damit nicht-flächenhaften Oberfläche eines Teils ist die Ausbildung von Wirbelströmen nicht zu erwarten, so daß folglich die trotzdem auftretenden Induktionssignale aus dem Innenraum eines Gerätes äußerst überraschend sind.

Das erfindungsgemäße Meßverfahren hat damit den wesentlichen Vorteil, daß keine Magnete an der Drehachse z. B. von Turboladern erforderlich sind. Die Bewegungsmessung eines sich bewegenden Teils kann — bei geeigneter Materialwahl und Wandstärke — auch durch die Gehäusewand erfolgen. Anders als das hochfrequente Magnetfeld beim bekannten Wirbelstrom-Meßverfahren durchdringt das Permanentmagnetfeld auch Gehäusewände aus elektrisch leitendem, nicht-magnetischen Material bis zu einer gewissen materialabhängigen Wandstärke. Bei einer Gehäusewand aus Aluminium sind zumindest bis zu einer Wandstärke von 30 mm auswertbare Signale aus dem Innenraum zu empfangen.

Das erfindungsgemäße Meßverfahren benötigt keine eigene Spannungsversorgung. Die gemessenen Induktionssignale sind niederohmig, d. h. stabil und störfest, und können problemlos zu einem temperaturverträglichen Ort weitergeleitet und ausgewertet werden.

Das erfindungsgemäße Meßverfahren ist von der Gehäuseform des Gerätes unabhängig und eignet sich zum Erfassen von periodischen oder nicht-periodischen, wie z. B. einmaligen, sowie von linearen oder rotierenden Bewegungsvorgängen eines Teils.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Meßverfahrens werden die gemessenen Induktionssignale einzeln oder gruppenweise ausgewertet. Die Kurvenform eines Meßsignals hängt z. B. auch von der Frequenz ab, so daß sich z. B. der



elektrische Widerstand im Meß-Stromkreis durch den Skineffekt bei höheren Frequenzen vergrößern könnte. Auf die Meßgenauigkeit haben diese Effekte aber keinen Einfluß, solange die Drehzahl aus der Wiederholfrequenz der Kurve ermittelt werden kann. Besonders einfach ist die Grundfrequenz zu ermitteln, wenn die Messung unabhängig von der speziellen Kurvenform des Meßsignals erfolgt und nur das Auftreten eines Meßsignals gezählt wird.

Ganz besonders bevorzugt wird das erfindungsgemäße Meßverfahren zum Messen der Drehzahl eines Turboladers angewandt. Bei Turboladern in Pkw's können Drehzahlen bis zu  $200\,000\text{ min}^{-1}$  auftreten, so daß bisher aufgrund von auf der Drehachse angeordnetem Permanentmagneten sehr hohe Zentrifugalkräfte auftraten. Die Kompressorschaukeln bestehen meist aus Aluminium und weisen Wandstärken von bis unter 0,5 mm auf. Ein Konstrukteur z. B. von Turboladern ist von den Zwängen, die ihm die Drehzahlmessung bisher zusätzlich auferlegt haben, durch das erfindungsgemäße Meßverfahren vollkommen frei.

Die Erfindung betrifft in einem zweiten Aspekt eine Meßanordnung, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Meßverfahrens, mit einem sich im Innenraum und nahe an der Innenoberfläche eines Gehäuses vorbeibewegenden Teil, mit einem Permanentmagneten, dessen Magnetfeld auf den der Innenoberfläche zugewandten, elektrisch leitenden Bereich des Teils einwirkt, und mit einem Sensor, der beim Vorbeibewegen des Teils Induktionssignale außerhalb des Innenraums mißt.

Bei bekannten Meßanordnungen ist an der Drehachse des Turboladers ein Permanentmagnet angeordnet, dessen Pole (S/N) bei jeder Umdrehung der Turbinenwelle in der außerhalb des Gehäuses angeordneten Induktionsspule ein Induktionssignal erzeugen. Dieses Magnetfeld wird über eine Induktionsspule außen auf der Gehäusewand nachgewiesen. Das Gehäuse darf am Meßort der Induktionsspule nicht magnetisch sein, da sonst keine Signale aus dem Innenraum mehr gemessen werden können.

Dem zweiten Aspekt der Erfindung liegt ebenfalls die oben genannte Aufgabe zugrunde.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß überraschend einfach dadurch gelöst, daß der Permanentmagnet außerhalb des Innenraums angeordnet ist und daß die Dicke des Teils in dem der Innenoberfläche zugewandten Bereich in Bewegungsrichtung des Teils kleiner als 10 mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm, besonders bevorzugt kleiner als 0,1 mm ist.

Die mit dieser erfindungsgemäßen Meßanordnung zu erzielenden Vorteile entsprechen den bereits oben hinsichtlich des erfindungsgemäßen Meßverfahrens aufgezählten Vorteilen.

Bei einer ganz bevorzugten ersten Ausführungsform ist der Magnet in einer zum Innenraum offenen Öffnung der Gehäusewand angeordnet. Diese Anordnung des Magneten ermöglicht es, die Gehäusewand aus einem magnetischen Material, beispielsweise aus Grauguß herzustellen. Grauguß eignet sich aufgrund der auf der Kompressorseite eines großen Turboladers auftretenden hohen Temperaturen besonders gut. Aber auch bei nicht-magnetischen Materialien wie z. B. Aluminium kann der Magnet in einer Öffnung angeordnet sein.

Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung dieser ersten Ausführungsform kennzeichnet sich dadurch, daß der Magnet in der Öffnung von nicht-magnetischem Material umgeben ist. Wenn der Magnet paßbündig in

der Öffnung sitzen würde, ergibt sich bei magnetischer Gehäusewand ein "magnetischer Kurzschluß". Daher ist der Öffnungsquerschnitt der Öffnung sehr viel größer als der Querschnitt des Magneten und der Magnet durch nicht-magnetisches Material gegenüber der Gehäusewand "magnetisch isoliert". Als nicht-magnetisches Material eignet sich unmagnetischer Edelstahl oder aber ein hitzebeständiger Kunststoff.

Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung dieser ersten Ausführungsform ist der Magnet zu der Innenoberfläche der Gehäusewand bündig oder gegenüber der Innenoberfläche in der Öffnung zurückversetzt angeordnet. Experimente haben gezeigt, daß trotz einer Zurückversetzung des Magneten gegenüber der Innenoberfläche von bis zu 7 mm auswertbare Signale aus dem Innenraum mit dem Sensor gemessen werden konnten.

Bei einer besonders vorteilhaften Weiterbildung dieser Ausführungsformen ist die Öffnung bündig zur Innenoberfläche der Gehäusewand durch nicht-magnetisches Material verschlossen, wodurch die Innenoberfläche glatt fortgesetzt und das Strömungsfeld eines das Gehäuse durchströmenden Fluids nicht beeinflußt wird. Der bündige Verschluß der Öffnung kann besonders einfach erreicht werden, wenn die Öffnung mit einem, vorzugsweise hitzebeständigen Kunstharz ausgefüllt wird.

Eine ganz besonders bevorzugte zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Meßverfahrens kennzeichnet sich dadurch, daß die Gehäusewand aus nicht-magnetischem Material besteht und daß der Magnet auf der Außenoberfläche der Gehäusewand angebracht ist. Eine nicht-magnetische und elektrisch nichtleitende Gehäusewand beeinträchtigt das Primärmagnetfeld nicht.

Die Gehäusewand kann auch aus elektrisch leitendem Material, vorzugsweise aus Aluminium, bestehen. Eine Gehäusewand aus nicht-magnetischem, aber elektrisch leitendem Material beeinflußt erst ab einer bestimmten materialabhängigen Dicke den Empfang auswertbarer Signale aus dem Innenraum mit einem Sensor. Durch ein Aluminiumgehäuse hindurch wurden trotz einer Dicke von 30 mm mit einer Induktionsspule auf der Außenseite des Gerätes noch deutliche, d. h. auswertbare Meßsignale gemessen.

Da sich bei dieser Ausführungsform alle Teile der Meßanordnung außerhalb des Gerätes befinden, ist die Meßanordnung besonders vorteilhaft als Hand-Meßgerät, z. B. als Handdrehzahlmesser, einsetzbar.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Sensor eine Induktionsspule, die den Magneten umgibt oder die getrennt vom Magneten angeordnet ist. Die getrennte Anordnung hat den Vorteil, daß die Induktionsspule und der Magnet auf der Außenseite des Gerätes voneinander unabhängig so "justiert" werden können, bis ein deutliches Signal mit der Induktionsspule gemessen wird.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn in weiterer Ausführungsform der Magnet ein Stabmagnet oder ein Hufeisenmagnet ist. Insbesondere ist bei einem Hufeisenmagneten eine leichte Einstellung des Permanentmagnetfeldes durch Drehen des Magneten um seine Längsachse möglich.

Ganz besonders bevorzugt ist es, die erfindungsgemäße Meßanordnung zur Messung der Drehzahl eines Turboladers zu verwenden. Die erfindungsgemäßen Meßanordnung erlaubt ein leichtes Nachrüsten bei älteren Turboladern, ist unabhängig von der Form des La-

dergehäuses und ergibt ein niederohmiges stabiles (störfestes) Signal, weil der Sensor ein aktiver, versorgungsfreier Signalgeber ist und das Signal zu einem temperaturverträglichen Ort zur Auswertung weitergeleitet werden kann.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Axialschnitt durch ein geschlossenes Turboladergehäuse, auf dessen Außenseite eine Meßanordnung angebracht ist, wobei nur eine Kompressorschaukel einer Kompressorturbine gezeigt ist;

Fig. 2 in einer der Fig. 1 entsprechenden Ansicht zweite Ausführungsform einer Meßanordnung, die in einer Öffnung im Turboladergehäuse angeordnet ist;

Fig. 3 in perspektivischer Seitenansicht die Meßanordnungen der Fig. 1 und 2;

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform der Meßanordnung mit einem Hufeisenmagneten und geschlossenem Außengehäuse;

Fig. 5 ein Meßdiagramm mit gemessener (b) und ausgewerteter (a) Kurvenform bei einer Drehzahl eines Turboladers;

Fig. 6 mehrere Induktionsmeßkurven bei verschiedenen Drehzahlen des Turboladers, wobei die Zeitskalen für die einzelnen Meßkurven nicht identisch sind.

In Fig. 1 ist mit der Bezugsziffer 1 ein Turboladergehäuse allgemein bezeichnet. In dem Innenraum 5 des Gehäuses 1 drehen sich Kompressorschaukeln 6 in Drehrichtung 8 um eine Drehachse 7, wobei in der Zeichnung nur eine Kompressorschaukel dargestellt ist. Das äußere Ende der Kompressorschaukel 6 bewegt sich nahe an der Innenoberfläche 4 der Gehäusewand 2 vorbei. Auf die Außenoberfläche 3 der Gehäusewand 2 ist ein Stabmagnet 9 aufgesetzt, dessen Südpol S im gezeigten Ausführungsbeispiel der Gehäusewand 2 zugewandt ist. Um den Stabmagneten 9 herum ist eine Induktionsspule 10 angeordnet.

Die Kompressorschaukel 6 besteht zumindest in dem der Innenoberfläche 4 zugewandten Bereich aus elektrisch leitendem Material, z. B. aus Aluminium. Die Gehäusewand 2 besteht bei dieser Ausführungsform aus nicht-magnetischem aber elektrisch leitendem Material, vorzugsweise aus Aluminium. Die Dicke der Gehäusewand 2 ist konstruktiv vorgegeben. Der Stabmagnet 9 und die Induktionsspule 10 können aber so gestaltet werden, daß dennoch auswertbare Induktionssignale erzielt werden.

Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Meßanordnung zum Messen der Drehzahl eines Turboladers, bei der der Stabmagnet 9 und die ihn umgebende Induktionsspule 10 in einer zum Innenraum 5 hin offenen Bohrung 11 der Gehäusewand 2' angeordnet sind. Die Gehäusewand 2' des Gehäuses 1 besteht aus magnetischem oder nicht-magnetischem Material.

Der Stabmagnet 9 kann gegenüber der Innenoberfläche 4 um ein Maß D nach außen versetzt und in der Bohrung 11 nicht paßbündig angeordnet, sondern von der Gehäusewand 2 beabstandet werden. Dadurch ist der Stabmagnet 9 im Falle einer magnetischen Gehäusewand 2' "magnetisch isoliert".

Diese magnetische Isolation kann z. B. durch die Anordnung des Stabmagneten 9 in einer Zwischenhülse aus nicht-magnetischem, aber elektrisch leitendem Material, wie z. B. Aluminium, oder, wie es in Fig. 2 gezeigt ist, durch Einbettung in Kunststoff 12 erfolgen. Da im Innenraum 5 durch die Kompression des den Turbolader durchströmenden Gases hohe Temperaturen auftreten, ist der Kunststoff 12 hitzebeständig. Der Kunststoff 12 in der Bohrung 11 setzt die Innenoberfläche 4' der Gehäusewand 2 glatt fort, so daß im Innenraum 5 keine Strömungsturbulenzen auftreten.

In Fig. 3 ist die Funktionsweise der in den Fig. 1 und 2 gezeigten Meßanordnungen schematisch dargestellt. Die vom Südpol S des Stabmagneten 9 nach unten austretenden Feldlinien des (primären) Magnetfelds B treffen auf die Oberseite 13 der sich am Stabmagnet 9 vorbeibewegenden Turbinenschaufel 6 im wesentlichen rechtwinklig auf. Die sich in Drehrichtung 8 bewegend Kompressorschaukel 6 weist eine Geschwindigkeitskomponente v rechtwinklig zum Magnetfeld B auf. Aufgrund der Lorentzkraft  $F = qv \times B$  wird in der Oberseite 13 ein Induktionsstrom I induziert. Die Dicke der Kompressorschaukel 6 im Bereich der Oberseite 13 ist mit d bezeichnet und beträgt im Ausführungsbeispiel 0,2 mm. Dieser Induktionsstrom I erzeugt seinerseits ein sekundäres Magnetfeld, das dem Magnetfeld B des Stabmagneten 9 entgegenwirkt und in der Induktionsspule 10 eine Induktionsspannung  $U_{ind}$  induziert.

Fig. 4 zeigt eine weitere Meßanordnung, bei der auf die Außenoberfläche 3 aufgesetzte Magnet als Hufeisen-Magnet 14 ausgebildet ist. Die Induktionsspule 15 befindet sich auf dem Nordpolschenkel des Hufeisenmagneten 14.

Fig. 5 zeigt die von der Induktionsspule 10 aufgenommene Induktionsspannung  $U_{ind}$  über der Meßzeit bei einer Drehzahl  $f = 3400$  des Turboladers. Die Kompressorschaukeln 6 bestanden aus einer Aluminiumknetlegierung, ihre Dicke d in Bewegungsrichtung betrug 0,2 mm, der Abstand der Kompressorschaukeln 6 von der Gehäusewand 2 0,5 mm und das Material des Gehäuses war Grauguß GG 20. Der Sensor in Form eines Stabmagneten 9 und einer Induktionsspule 10 war in einer zum Innenraum 5 offenen Bohrung 11 bündig eingesetzt, und die gemessenen Induktionssignale mit einem Faktor von 100 bis 200 verstärkt.

Das obere Meßsignal (b) zeigt den gemessenen Induktionsspannungsverlauf in der Induktionsspule 10, wobei man bei Bewegung einer Kompressorschaukel 6 am Magneten 9 bzw. an der Induktionsspule 10 vorbei ein Signal erhält. Die untere Meßkurve (a) in Fig. 5 zeigt das meßtechnisch weiterverarbeitete Meßsignal, was leicht auszuwerten ist. Aus der Zeitspanne  $\delta t$  zwischen zwei Meßsignalen und der Anzahl der Schaukeln ergibt sich die Drehzahl.

In dem Diagramm der Fig. 6 sind mehrere weiterverarbeitete Meßsignale bei unterschiedlichen Drehzahlen  $f = 2200 \dots 12\,300$  des Turboladers gezeigt. Die Kurvenform der einzelnen Meßsignale sind kompliziert und nicht gleich. Die Induktionsspule 10 stellt einen induktiven Widerstand dar, so daß die Kurvenform eines Meßsignals auch von der Frequenz abhängt. Auch könnte sich der elektrische Widerstand im Stromkreis der Induktionsspule durch den Skineneffekt bei höheren Frequenzen vergrößern. Auf die Meßgenauigkeit haben diese Effekte aber keinen Einfluß, solange man die Drehzahl f aus der Wiederholfrequenz des Meßsignals ermitteln kann.



## Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen der Bewegung eines Teils (6) im Innenraum (5) eines Gehäuses (1) und nahe an der Innenoberfläche (4; 4') einer Gehäusewand (2; 2') vorbei, wobei ein i.w. rechtwinklig zur Bewegungsrichtung (8) des Teils (6) wirkendes Permanentmagnetfeld (B) auf den der Innenoberfläche (4; 4') zugewandten, elektrisch leitenden Bereich des Teils (6) einwirkt und wobei beim Vorbeibewegen des Teils (6) Induktionssignale außerhalb des Innenraums (5) gemessen werden, 5  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Permanentmagnetfeld (B) außerhalb des Innenraums (5) erzeugt wird und 15  
daß die Dicke (d) des Teils (6) in dem der Innenoberfläche (4; 4') zugewandten Bereich in Bewegungsrichtung (8) des Teils (6) kleiner als 10 mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm, besonders bevorzugt kleiner als 0,1 mm ist. 20
2. Meßverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gemessenen Meßsignale einzeln oder gruppenweise ausgewertet werden.
3. Meßverfahren nach Anspruch 1 oder 2 zum Messen der Drehzahl eines Turboladers. 25
4. Meßanordnung zum Messen der Bewegung eines Teils (6), insbesondere zur Durchführung des Meßverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit einem sich im Innenraum (5) und nahe an der Innenoberfläche (4; 4') einer Gehäusewand (2; 2') vorbeibewegenden Teil (6), 30  
mit einem Permanentmagneten (9; 14), dessen Magnetfeld (B) auf den der Innenoberfläche (4; 4') zugewandten, elektrisch leitenden Bereich des Teils (6) einwirkt, 35  
und mit einem Sensor (10; 15), der beim Vorbeibewegen des Teils (6) Induktionssignale außerhalb des Innenraums (5) mißt,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Permanentmagnet (9; 14) außerhalb des Innenraums (5) angeordnet ist und 40  
daß die Dicke (d) des Teils (6) in dem der Innenoberfläche (4) zugewandten Bereich in Bewegungsrichtung (8) des Teils (6) kleiner als 10 mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm, besonders bevorzugt kleiner als 0,1 mm ist. 45
5. Meßanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnet (9) in einer zum Innenraum (5) offenen Öffnung (11) der Gehäusewand (2') angeordnet ist. 50
6. Meßanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnet (9) in der Öffnung (11) von nicht-magnetischem Material (12), vorzugsweise von hitzebeständigem Kunststoff, umgeben ist. 55
7. Meßanordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnet (9) zu der Innenoberfläche (4') der Gehäusewand (2') bündig oder gegenüber der Innenoberfläche (4') in der Öffnung (11) zurückversetzt angeordnet ist. 60
8. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung (11) bündig zur Innenoberfläche (4') der Gehäusewand (2') durch nicht-magnetisches Material (12), vorzugsweise durch temperaturbeständiges Kunstharz, verschlossen ist. 65
9. Meßanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Gehäusewand (2) aus nicht-

magnetischem Material besteht und daß der Magnet (9; 14) auf der Außenoberfläche (3) der Gehäusewand (2) angebracht ist.

10. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (10; 15) eine Induktionsspule ist, die den Magneten (9; 14) umgibt oder die getrennt vom Magneten (9; 14) angeordnet ist.

11. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnet (9; 14) ein Stabmagnet, oder ein Hufeisenmagnet, ist.

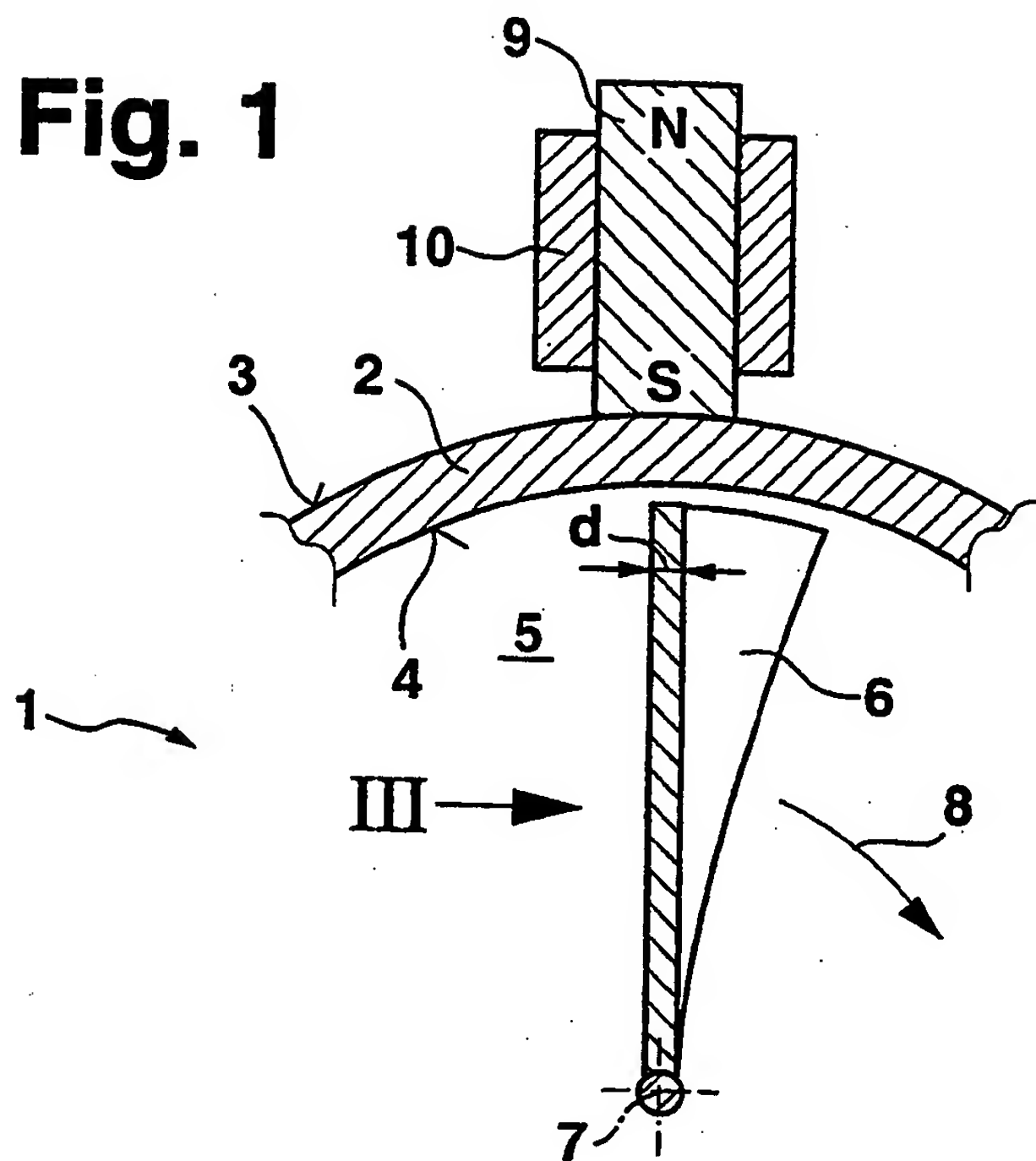
12. Verwendung der Meßanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 11 zur Messung der Drehzahl eines Turboladers.

---

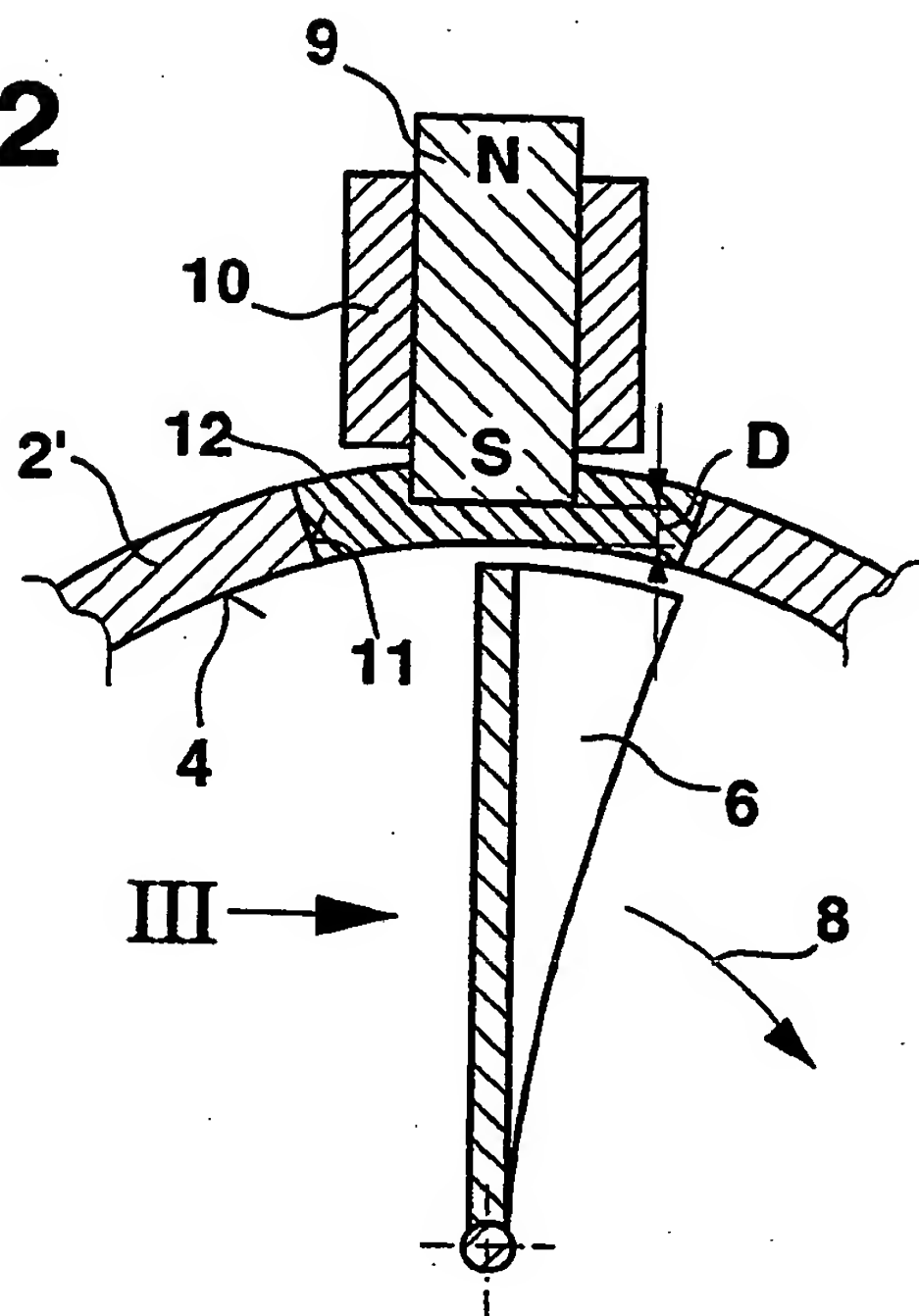
Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

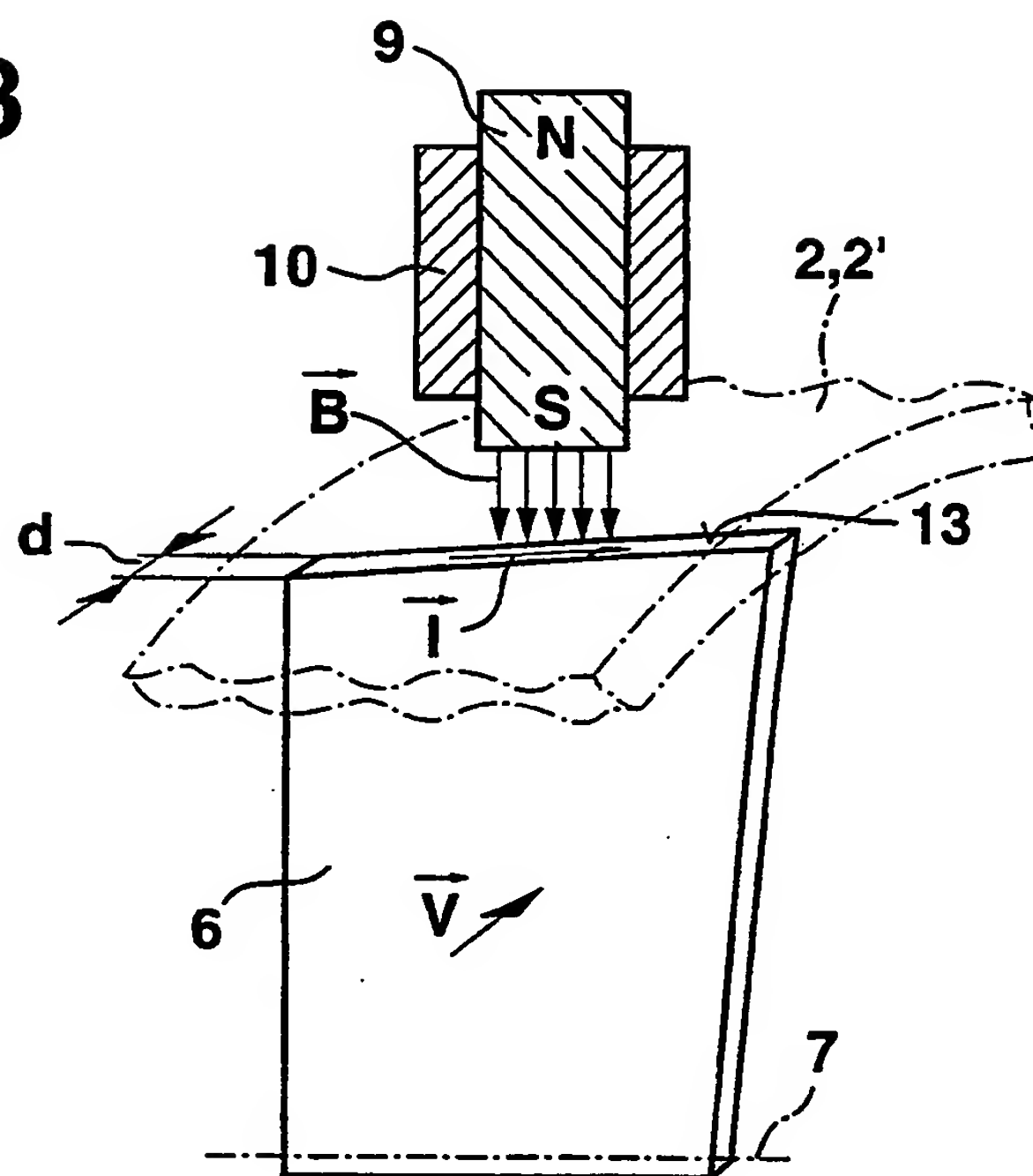
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

